

Томский государственный университет
Кемеровский государственный университет
Кемеровский научный центр СО РАН
Институт вычислительных технологий СО РАН
Филиал Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ
(ИТММ-2011)**

**Материалы X Всероссийской
научно-практической конференции
с международным участием
25–26 ноября 2011 г.
Часть 1**

Издательство Томского университета
2011

УДК 519
ББК 22.17
И74

Редакционная коллегия:

Р.Т. Якупов, д-р физ.-мат. наук, профессор;
А.А. Назаров, д-р техн. наук, профессор;
И.Р. Гарайшина, канд. физ.-мат. наук, доцент

И74 Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2011): Матер. X Всерос. науч.-практ. конфер. с междунар. участием (25–26 ноября 2011 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2011. Ч. 1. 192 с.

ISBN 978-5-7511-2031-3

В часть 1 вошли материалы секций «Информационные технологии» и «Вероятностные методы и модели».

Для специалистов в области информационных технологий и математического моделирования.

УДК 519
ББК 22.17

ISBN 978-5-7511-2031-3 © Томский государственный университет, 2011
© Кемеровский государственный университет, 2011
© Кемеровский научный центр СО РАН, 2011
© Институт вычислительных технологий СО РАН, 2011
© Фил-л Кемеровского государственного университета
в г. Анжеро-Судженске, 2011

Конференция проводится при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 11-07-06076-з)

Для дальнейшей разработки планируется использовать систему управления контентом Joomla.

В настоящее время реализованы модули «Журнал», «Расписание», «Авторизация». Завершить разработку и внедрить подсистему планируется к середине мая 2011 г.

Литература

1. Министерство образования и науки Российской Федерации. Системы ведения журналов успеваемости учащихся в электронном виде в общеобразовательных учреждениях Российской Федерации. Шифр «Электронный журнал». Единые требования. Версия 1.0. 1 июля 2011 г. 32 с.
2. Распоряжение Правительства РФ от 25.04.2011 N 729-р.
3. Электронный журнал школы. [Электронный ресурс]. URL: <http://eljur.ru/>
4. Дневник.Ру. [Электронный ресурс]. URL: <http://dnevnik.ru/>
5. *Соммервиль Я.* Инженерия программного обеспечения, 6-е изд. / Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002. 624 с.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ ЛВС, ОСНОВАННОЙ НА ТЕХНОЛОГИИ WIFI

П.А. Михеев, С.П. Сущенко

Томский государственный университет

Рассмотрим беспроводную локальную вычислительную сеть (ЛВС), основывающуюся на стандарте 802.11 [1]. Анализ беспроводных сетей аналитическими методами крайне затруднен при нетривиальном числе абонентов, соперничающих за разделяемую среду передачи данных, в силу сложности формализации протокольных траекторий соперников. В настоящее время основным инструментом для изучения процессов передачи и исследования операционных характеристик беспроводных ЛВС стандарта 802.11 является имитационное моделирование [2].

Цикл передачи пакета, инкапсулированного в кадр данных, от станции-отправителя к станции-получателю, согласно протокольной процедуре, содержит следующую последовательность действий. Прежде всего, станция-отправитель прослушивает среду для определения ее занятости. Далее по истечении межкадрового интервала запускается алгоритм случайной задержки для выбора номера слота, в котором можно начать передачу данных. Номер слота равновероятно выбирается из промежутка $[0, S_n - 1]$, где $S_n \geq 2$ – размер конкурентного окна, измеренного в слотовых интервалах t_c и определяемого соотношением

$$S_n = 2^{N_0+m}, \quad m = \begin{cases} n, & n \leq 10 - N_0; \\ 10 - N_0, & n \geq 10 - N_0. \end{cases}$$

Здесь $N_0 = \overline{1,10}$ – начальное значение, задающее ширину конкурентного окна при первой попытке отправителя передать данные, а $n \geq 0$ – номер повторной передачи. Ширина конкурентного окна не может превышать максимального значения, установленного стандартом. Для всех физиче-

ских уровней и способов модуляции стандарт 802.11 устанавливает максимальную ширину конкурентного окна равную $S_{\max} = 1024$ [1]. Номер выбранного слота присваивается значению таймера отсрочки t_o , после чего начинают отсчитываться слотовые интервалы. В конце каждого слотового интервала таймер отсрочки уменьшается на единицу, при этом прослушивается среда передачи данных. Как только фиксируется занятость среды, таймер отсрочки замораживается до тех пор, пока не освободится среда передачи данных. После освобождения среды таймер запускается со значения, зафиксированного непосредственно перед замораживанием. По истечении таймера отсрочки ($t_o = 0$) станция-отправитель начинает передачу кадра данных. По окончании передачи отправитель ждет квитанцию в течение времени t_{out} , по завершении которого считается, что произошла коллизия и станции, попавшие в конфликт, увеличивают значение n на единицу, а действия, направленные на отправку данных, повторяются. Размер конкурентного окна удваивается с каждой попыткой передать кадр данных, пока не достигнет максимального значения, а с каждой последующей попыткой отправить данные ширина конкурентного окна остается равной S_{\max} до тех пор, пока данные не будут успешно переданы, после чего ширина окна принимает начальное значение S_0 .

В целях изучения поведения беспроводной ЛВС и анализа индексов ее быстродействия разработана программа, имитирующая логику описанных протокольных действий для доступа к разделяемой среде передачи данных при физической скорости передачи, равной 54 Мб/с. В качестве языка программирования выбор между C++ [3] и Python [4] был сделан в пользу второго в целях экономии времени на разработку.

Для моделирования протокольных операций доступа к разделяемой среде передачи данных беспроводной ЛВС имитируется функционирование сети из произвольного количества станций (абонентов) до тех пор, пока общее количество успешно переданных по сети пакетов не достигнет заданного перед моделированием значения. Предполагается, что все станции всегда готовы передавать данные в виде пакетов одинаковой длины. Изучаемыми величинами являются среднее время передачи кадра данных и индивидуальная пропускная способность каждой станции. Кроме того, регистрируется количество коллизий и число станций-участниц конфликта. Индивидуальное среднее время передачи кадра находится как отношение времени, затраченного на передачу всеми станциями заранее заданного числа пакетов к количеству переданных пакетов, конкретной станцией. Интегральная пропускная способность метода доступа к разделяемой среде передачи данных определяется отношением заданного перед моделированием количества передаваемых пакетов к фактически затраченному времени на доведение всей информации до получателей.

Перед запуском имитационного алгоритма создается массив станций, каждая из которых является экземпляром класса беспроводных станций. При создании экземпляра класса происходит инициализация ряда пе-

ременных, таких как степень ширины конкурентного окна, количество успешно переданных пакетов, количество коллизий, а также булева переменная, регистрирующая активность станции в данном слотовом интервале. Кроме того, в распоряжении каждой станции есть переменная – таймер отсрочки и переменные, в которых хранятся значения среднего времени передачи кадра и индивидуального быстродействия. Также определена переменная, накапливающая общее (программное [5]) время и прочие вспомогательные величины.

После инициализации выполняется цикл бесконфликтной передачи пакета, который заканчивается при получении квитанции. Сразу же к общему времени передачи пакета прибавляется длительность межкадрового промежутка. Далее все станции, которые передали пакет (изначально все), вне зависимости от того успешно или нет, проходят процедуру инициализации таймера отсрочки (выбор слота для передачи пакета). Для определения случайных задержек используется встроенный генератор случайных чисел.

Далее в каждом слотовом интервале просматриваются все станции для регистрации абонентов со значением таймера отсрочки равным нулю. Для каждой станции с нулевым таймером отсрочки в данном слотовом интервале устанавливается булевый признак активности и переменная, содержащая количество станций, передававших пакет, увеличивается на единицу. По завершении сканирования анализируется значение данной переменной: если ее значение равно единице, то состоялась успешная передача, при значениях больше единицы – коллизия. Для станций, попавших в конфликт, увеличивается на единицу значение степени ширины конкурентного окна.

Если передающих станций в данном слотовом интервале не было, управление передается в цикл, который выполняется до появления в очередном слотовом интервале хотя бы одной активной станции (станции с нулевым таймером отсрочки). В течение этого цикла, последовательно, переменная общего времени передачи пакетов увеличивается на единицу, а значения таймеров отсрочки уменьшаются на единицу. Если обнаруживаются станции, таймер отсрочки которых достиг нуля, то к общему времени передачи пакетов прибавляется время необходимое для передачи одного пакета плюс время тайм-аута ожидания квитанции. Если регистрируется активность только одной станции, то значение степени ширины ее окна принимает начальное значение, и количество успешно переданных ею пакетов увеличивается на единицу. Если же передающих станций – две и более, то увеличивается на единицу переменная, содержащая количество конфликтов.

Индексы быстродействия беспроводной ЛВС стандарта 802.11 проанализированы на предложенной имитационной модели для различного количества абонентов сети. Результаты моделирования активности двух, трех, пяти и десяти станций приведены в таблице, содержащей распреде-

ление различных операционных характеристик сети от степени начальной ширины конкурентного окна N_0 .

Таблица

Характеристики беспроводной ЛВС из K станций

	$N_0 = 1$	$N_0 = 2$	$N_0 = 3$	$N_0 = 4$	$N_0 = 5$	$N_0 = 6$	$N_0 = 7$
K = 2							
Z1	0,0000036	0,415247	0,380402	0,376762	0,35161	0,300002	0,229203
T1	8558631,3	73,69101	80,44132	81,21835	87,02814	101,9994	133,5064
Z2	0,8938309	0,385169	0,378312	0,377008	0,351336	0,299878	0,229507
T2	34,235	79,44557	80,88561	81,16541	87,09605	102,0414	133,3292
Qk(2)	976	87184	112543	61835	31241	15726	7683
Z0	0,893834	0,800416	0,758714	0,75377	0,702947	0,59988	0,45871
K = 3							
Z1	0,0000036	0,260904	0,244374	0,246899	0,241812	0,218862	0,179841
T1	8567450,4	117,2847	125,2178	123,9373	126,5446	139,8136	170,1499
Z2	0,6905702	0,251085	0,243234	0,247362	0,240873	0,219146	0,179742
T2	44,311209	121,8709	125,8049	123,7051	127,0378	139,633	170,2444
Z3	0,2023406	0,252431	0,242964	0,247224	0,241645	0,218691	0,179917
T3	151,23011	121,221	125,9445	123,7745	126,6319	139,9236	170,078
Qk(2)	1981	135049	156265	103473	57507	30295	15288
Qk(3)	3	4513	9023	4018	1225	298	81
Z0	0,8929144	0,76442	0,730572	0,741485	0,72433	0,6567	0,5395
K = 5							
Z1	0,2317726	0,149284	0,13936	0,14287	0,145421	0,140201	0,124975
T1	132,02599	204,9783	219,5753	214,1806	210,4242	218,2585	244,8484
Z2	0,3192059	0,145195	0,1394	0,143171	0,145798	0,140148	0,125008
T2	95,862902	210,7515	219,5128	213,7305	209,8789	218,3404	244,7849
Z3	0,0625861	0,141697	0,139628	0,142797	0,145507	0,14002	0,124503
T3	488,92632	215,9538	219,1536	214,2899	210,2992	218,5395	245,7768
Z4	0,2749306	0,138863	0,139223	0,142805	0,145172	0,140325	0,124534
T4	111,3008	220,3604	219,7918	214,2781	210,7833	218,0655	245,7153
Z5	0,0023724	0,14837	0,139043	0,143071	0,144634	0,140569	0,124652
T5	12898,438	206,2415	220,0759	213,8789	211,569	217,6869	245,483
Qk(2)	4193	190342	207009	158244	100624	56270	29646
Qk(3)	21	15426	23101	13632	5270	1624	427
Qk(4)	1	409	9023	1068	146	24	3
Qk(5)	0	5	25	14	1	0	0
Z0	0,8908675	0,723409	0,696653	0,714715	0,726532	0,701263	0,623673
K = 10							
Z_min	0,0204115	0,063394	0,063637	0,066211	0,069404	0,071048	0,069023
Z_max	0,126707	0,070227	0,067062	0,068313	0,07079	0,072213	0,069698
T_max	1499,1519	482,6964	480,8504	462,1555	440,8994	430,6956	443,3289
T_min	241,50121	435,7296	456,2919	447,9396	432,2669	423,7437	439,0362
Qk(2)	9765	254812	271531	232568	171656	108323	61834
Qk(3)	100	38344	46949	34139	17693	7338	2294
Qk(4)	2	2953	4792	3090	1201	311	50
Qk(5)	0	126	294	196	57	5	0
Qk(6)	3	4	14	10	1	0	0
Qk(7)	0	0	0	1	0	0	0
Z0	0,8857253	0,674812	0,65277	0,6707	0,699654	0,715977	0,693603

Наиболее информативными величинами являются индивидуальное быстродействие каждой станции Z_i (для сети из десяти станций приведены минимальное Z_{\min} и максимальное Z_{\max} значения индивидуальных быстродействий) и общая пропускная способность системы Z_0 . Кроме того, в таблице представлена динамика изменения среднего времени передачи

кадра каждой станцией T_i (T_{\min} и T_{\max} для сети из десяти станций) и количества коллизий $Q_k(S)$ с различным числом участников конфликта S за все время моделирования сети от размера конкурентного окна.

Из представленных численных результатов видно, что при малых значениях степени начальной ширины окна N_0 имеет место эффект захвата разделяемой среды передачи данных одной из станций для любого количества соперничающих абонентов беспроводной локальной сети. При этом, благодаря захвату разделяемой среды какой-либо станцией, и, как следствие, бесконфликтной передаче большого количества пакетов, наблюдаются хорошие показатели общей пропускной способности сети и большой дисбаланс по показателям индивидуального быстродействия и среднего времени передачи кадра отдельных станций.

С увеличением ширины конкурентного окна значения индивидуальных характеристик станций выравниваются, причем, наблюдается максимум общей пропускной способности по параметру степени начальной ширины конкурентного окна. В частности, для двух станций наилучшей степенью начальной ширины конкурентного окна является значение $N_0 = 3$, для трех – $N_0 = 4$, для пяти – $N_0 = 5$, а для десяти – $N_0 = 6$. При таких начальных параметрах имеет место снижение коллизионных передач и выравнивание индивидуальных показателей станций на фоне пика общей пропускной способности беспроводной сети.

Литература

1. IEEE Std 802.11 – 2007, Revision of IEEE Std 802.11 – 1999. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE Computer Society, 2007. 1184 p.
2. Вишневецкий В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.: Техносфера, 2005. 592 с.
3. Stroustrup B. The C++ Programming Language. New Jersey: AT&T Labs, 1997. 923 p.
4. Lutz M. Learning Python. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc, 2009. 845 p.
5. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. М.: Альтекс-А, 2004. 380 с.

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ КОМАНДНОЙ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С СИНХРОНИЗАЦИЕЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

А.Н. Мусеев, А.М. Политов, М.О. Хомич
Томский государственный университет

С развитием сети Интернет и сетевых коммуникаций расширяются и способы создания программного обеспечения. Проектные команды становятся больше, начинают говорить на множестве разных языков, распределяются по миру. И, несмотря на то, что придумано уже достаточно способов и инструментов удобной организации процесса проектирования и разработки ПО, существуют ситуации, когда без личной встречи и интерактивного общения не обойтись. Иногда в таких ситуациях достаточно